

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



REC'D 29 AUG 2003

WIPO PCT

PCT/EP03/8214

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 35 644.0
Anmeldetag: 02. August 2002
Anmelder/Inhaber: Eto Magnetic KG, Stockach/DE
Bezeichnung: Elektromagnetische Stellvorrichtung
IPC: H 01 F, B 23 K, F 16 K

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 07. August 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Klostermeyer

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**

Elektromagnetische Stellvorrichtung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektromagnetische Stellvorrichtung nach dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

Eine derartige Vorrichtung als elektromagnetischer Aktor, etwa zur Verwendung im Zusammenhang mit der Steuerung von Ventilen für hydraulische oder pneumatische Anlagen oder Schaltanwendungen, ist aus dem Stand der Technik allgemein bekannt. Ein Anker aus magnetischem Material ist zum Ausführen der i. w. linearen Stellbewegung in einem Magnetgestell bewegbar geführt; das Magnetgestell ist von einer elektrischen Spuleneinrichtung umschlossen und in einem geeignet ausgebildeten Gehäuse gehalten. Durch Beaufschlagung der Spuleneinrichtung mit elektrischem Strom wird dann der Anker zum Ausführen der Stellbewegung in die gewünschte Bewegung versetzt.

Bei derartigen, gattungsbildenden Vorrichtungen ist es aus Gründen des magnetischen Feldverlaufes notwendig, dass das -- typischerweise langgestreckte -- Magnetgestell, welches einen Kernabschnitt sowie einen Jochabschnitt aufweist, zwischen diesen Abschnitten einen Zwischenabschnitt aus nicht-magnetischem Material aufweist, so dass das gesamte Magnetgestell als rotationssymmetrische Anordnung den Kernabschnitt, den Zwischenabschnitt sowie den Jochabschnitt aufeinanderfolgend umfasst. Zumindest abschnittsweise ist dabei das Magnetgestell hohlzylindrisch ausgebildet, damit dann das entsprechend angepasste, zylindrische Ankerelement darin entlang einer Längs-(Bewegungs-)Achse geführt werden kann.

Fertigungstechnisch ist die Abfolge von Kernabschnitt (aus magnetisch leitendem Material), Zwischenabschnitt (aus magnetisch nicht-leitendem Material) und Jochabschnitt (wiederum aus magnetisch leitendem Material) nicht ganz unkritisch, wie zur Erläuterung des Hintergrundes der vorlie-

genden Erfindung die Fig. 1 bzw. die perspektivische Schnittansicht der Fig. 2 verdeutlicht: Das in einem Gehäuse 10 gehaltene, rotationssymmetrische Magnetgestell 12 ist, wie beschrieben, in drei Abschnitte (Kernabschnitt 14, Zwischen- bzw. Trennabschnitt 16 und Jochabschnitt 18) geteilt und weist eine hohlzylindrische Aushöhlung zum Führen eines Ankerelements 20 auf. Das jochseitige Ende ist zudem durch ein fest mit dem Magnetgestell 12 verbundenes Anschlagelement 22 verschlossen.

Wie in der Fig. 1 bzw. Fig. 2 gezeigt, ist zudem im Gehäuse 10 das Magnetgestell 12 von einer Spulenanordnung 24 umgeben; lediglich schematisch ist ein Anschluss 26 zur Kontaktierung der Spuleneinrichtung 24 herausgeführt gezeichnet. In der Fig. 1 verdeutlicht der dann in den weiteren Fig. 3, 4 als Ausschnittsvergrößerung gezeigte Übergangsbereich 28 die herstellungstechnischen Schwierigkeiten bei der Herstellung des Magnetgestells 12.

Genauer gesagt besteht die Aufgabe darin, die Materialien der jeweiligen Elemente 14, 16, 18 so miteinander unlösbar zu verbinden, dass einerseits die Anordnung den etwa im Zusammenhang mit einem Hydraulik- oder Pneumatikeinsatz entstehenden hohen Drücken gewachsen ist, andererseits jedoch der für den Magnetisierungsverlauf verantwortliche Verlauf der Übergangsgeometrie im Übergangsbereich 28 durch das Fertigen nicht negativ beeinträchtigt wird. Genauer gesagt ist für das magnetische Verhalten der Anordnung die Ausbildung der Übergänge zwischen Kern und Zwischenabschnitt bzw. Zwischenabschnitt und Joch kritisch; typischerweise handelt es sich um einen leicht konusförmigen Endabschnitt im Bereich des Endes des Kernabschnitts 14 bzw. des Joches 18, zum Erzeugen der dort gewünschten, durch die konusförmige Form vorbestimmten Magnetisierungskennlinien.

Allerdings kommt es durch traditionelle Fertigungsverfahren des Magnetgestells 12 aus Kern, Zwischenabschnitt und Joch zu unerwünschten Verformungen bzw. Deformationen des Pro-

files (der Geometrie) an dem kritischen Übergangsbereich 28, wie in der Fig. 3 für einen herkömmlichen Fertigungsprozess gezeigt. Genauer gesagt wird bei bekannten Herstellungsverfahren nach dem Stand der Technik der ringförmige Zwischenabschnitt 16 durch ein Auftragsschweißen auf die Enden von Kern 14 bzw. Joch 18 aufgebracht, typischerweise durch ein sog. MIG- (Metall-Inert-Gas) Löten bzw. Schweißen unter Verwendung einer CuAl-Legierung als aufzuschweißendes, nicht-magnetisches Material für den Zwischenabschnitt 16. Vorher weisen dabei die Endabschnitte von Joch 18 bzw. 14 die z. B. in Fig. 4 gezeigten konusförmigen Verläufe auf.

Allerdings besteht bei dem (punktuellen bzw. prinzipbedingt, tropfenbasierten) MIG-Auftragsschweißen durch die sehr hohen Lichtbogentemperaturen die Gefahr, dass sich dadurch die Konusgeometrie stark verändert, wie in der Fig. 3 zu erkennen ist. Der ursprünglich im Querschnitt langgestreckte Konus ist nunmehr (unbestimmt und weitgehend willkürlich) gewellt, so dass damit die Magnet-Kennlinie an dem kritischen Übergangsbereich im Bereich des Zwischenabschnitts 16 in nicht vorher bestimmbarer Weise beeinflusst wird.

Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass, verfahrensbedingt, durch das MIG-Auftragsschweißen vermehrt Lunker und Poren entstehen, die im Bereich des Zwischenabschnitts die Gefahr von Undichtigkeiten entstehen lassen, bis hin zu der Gefahr eines Ermüdungsbruch des Magnetgestelles.

Ein weiterer Nachteil des geschilderten, konventionellen Herstellungsverfahrens besteht darin, dass für den Auftragschweißprozess mit typischerweise ca. 30 Sekunden vergleichsweise lange Prozesszeiten benötigt werden, was sich wiederum nachteilig auf die Herstellungsdauer und mithin auf die Herstellungskosten auswirkt, da andererseits jedoch durch die einzuhaltende Konusgeometrie die Wärmeeindringung in die Schweißverbindung limitiert ist, ist diese Prozesszeit nicht weiter reduzierbar, nicht zuletzt um die Über-

gangsgeometrie, vgl. Fig. 3, nicht weiter zu verschlechtern.

Ein weiterer Nachteil, der sich auf den Herstellungsaufwand mit der bekannten Technologie auswirkt, liegt darin, dass beim Auftragsschweißen benachbarte Bauteilpartien durch Schweißspritzer nachteilig beeinflusst werden, mithin ist hier zusätzlicher Aufwand für das Abdecken notwendig. Hinzu kommt, dass aufgetragenes Material für den Bereich 16 zum Erzeugen der zylindrischen Außen- und Innenform mit entsprechendem Aufwand abgedreht werden muss.

Schließlich bleibt als Nachteil des herkömmlichen Verfahrens, dass der nicht-magnetische Zusatzwerkstoff für den Zwischenabschnitt 16 in Drahtdimensionen vergleichsweise teuer ist (da das Herunterwalzen und Glühen auf kleine Durchmesser in der Herstellung viel Aufwand bedeuten).

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine gattungsbildende elektromagnetische Stellvorrichtung zu schaffen, die zum einen hinsichtlich ihrer vorbestimmten elektromagnetischen Eigenschaften an den Übergangsbereichen zwischen Kern und nicht-magnetischem Zwischenabschnitt bzw. Zwischenabschnitt und Joch verbessert ist, und die zum anderen hinsichtlich ihrer Herstellbarkeit, insbesondere den mit der Herstellung verbundenen Aufwand, vereinfacht ist und insbesondere das Herstellen von elektromagnetischen Stellvorrichtungen mit niedrigeren Kosten ermöglicht.

Die Aufgabe wird durch die Vorrichtung mit den Merkmalen des Hauptanspruchs sowie durch das Verfahren nach dem unabhängigen Verfahrensanspruch 7 gelöst; vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

In erfindungsgemäß vorteilhafter Weise wird zumindest einer der Übergangsbereiche zwischen Jochabschnitt und Zwischenabschnitt oder Zwischenabschnitt und Kernabschnitt mittels

eines Reibschweißverfahrens hergestellt; dabei ist es auch von der Erfindung mit umfasst, dass Joch- und Zwischenabschnitt einstückig nicht-magnetisch ausgebildet sind und insoweit lediglich ein mit Reibschweißen realisierter Übergangsbereich existiert.

Das erfindungsgemäße (flächenbezogene) Reibschweißverfahren hat den Vorteil, dass durch das (starke) Reiben die Berührungsflächen sich so erwärmen, dass speziell der Werkstoff für den nicht-magnetischen Zwischenabschnitt plastisch wird, nicht jedoch, wie etwa beim Lichtbogenschweißen, fließt. So kann mit entsprechender Stauchkraft eine zuverlässige Verschweißung an der Übergangsstelle erzeugt werden, die zwar die geförderte hohe Festigkeit aufweist, gleichzeitig jedoch die durch die Kern- und Joch-Endabschnitte vorgegebene Geometrie, z. B. die gewählte Konusgeometrie, unverändert lässt und damit der dadurch eingestellte magnetische Feldverlauf berechenbar und unverändert bleibt. Durch den plastischen, eher teigigen Zustand der Fügwerkstoffe können zudem Lunker und Poren, im Gegensatz zum Auftragsschweißen, in nur sehr geringem Umfang entstehen; durch die ganzflächige Wirkung werden zudem die Inhomogenitäten des tropfenbasierten Auftragsschweißens vermieden.

Ein weiterer Vorteil dieses Reibschweißverfahrens liegt darin, dass gegenüber dem Auftragen für den Schweißvorgang mit typischerweise ca. 10 bis 15 Sekunden deutlich weniger Zeit benötigt wird, mithin also auch der Herstellungsvorgang schneller und effizienter wird.

Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass das nicht-magnetische Material für den Zwischenabschnitt nunmehr als hohlzylindrisches bzw. Stangenmaterial und damit wesentlich kostengünstiger als Drahtmaterial herangeführt und eingesetzt werden kann, außerdem hat es sich herausgestellt, dass für den Zwischenabschnitt als Trennabschnitt eine kostengünstigere Materialqualität eingesetzt werden kann.

Im Ergebnis wird damit durch die vorliegende Erfindung in überraschend einfacher Weise ein auf dem Prinzip des Reibschweißens beruhender Herstellungsprozess für gattungsbildende elektromagnetische Stellvorrichtungen geschaffen, mit dem die Herstellung deutlich vereinfacht und verbilligt ist, und wodurch zusätzlich magnetische Eigenschaften, die Qualität der Übergangsstelle sowie die Belastungseigenschaften des resultierenden Endproduktes deutlich verbessert sind.

In weiterbildungsgemäß bevorzugter Weise ist es vorgesehen, dass zumindest einer von Jochabschnitt oder Kernabschnitt an seinem dem Zwischenabschnitt zugewandten Ende eine Konusform aufweist; dies sorgt erfindungsgemäß dafür, dass ein besonders günstiger Magnetisierungsverlauf an den Übergangsstellen zum Zwischenabschnitt vorliegt und mithin die magnetischen Eigenschaften, bedingt durch die erfindungsgemäße Lehre des Einsatzes des Reibschweißens, besonders günstig zum Tragen kommen.

Dabei ist es einerseits günstig, die Ausbildung des Zwischenabschnitts als Partner für das Reibschweißen entsprechend korrespondierend konusförmig auszubilden, oder aber den zugewandten Endabschnitt des Zwischenabschnitts selbst plan, zylindrisch (und damit nicht-konisch) auszubilden; überraschend hat sich herausgestellt, dass auch hier das Reibschweißen zu einem äußerst vorteilhaften, die Ursprungsgeometrie praktisch nicht verändernden Übergang zwischen den Werkstoffen führt.

Während es einerseits möglich und bevorzugt ist, etwa beidseits des ringförmigen Zwischenabschnitts durch das vorteilhafte erfindungsgemäße Reibschweißverfahren einen jeweiligen der Verbindungspartner (Jochabschnitt bzw. Kernabschnitt) anzufügen, und dies weiter bevorzugt simultan in einem gemeinsamen Arbeitsgang vorzunehmen, so liegt es ebenfalls im Umfang der Erfindung, dies in aufeinanderfol-

genden Arbeitsschritten, oder nur beschränkt auf einen Fügeübergang vorzunehmen.

Ein solcher Umstand, dass mittels der vorliegenden Erfindung in besonders zuverlässiger und in mechanisch stabiler Weise ein lunker- und porenarmer Übergang zwischen den Fügepartnern entsteht und damit die Gefahr von Undichtigkeiten minimiert ist, eignet sich die vorliegende Erfindung in besonders bevorzugter Weise für elektromagnetische Stellvorrichtungen, die im Zusammenhang mit Hydraulik- oder Pneumatikventile, dort insbesondere bei Hochdruckanwendungen bis zu mehreren 100 bar, wie sie etwa bei vielen Anwendungen der stationären und Mobilhydraulik auftreten, eingesetzt werden. Gleichwohl ist die vorliegende Erfindung mit ihren Vorteilen auf der Art für ähnliche Anwendungsfälle nicht beschränkt.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnungen; diese zeigen in:

Fig. 1: eine Schnittansicht durch die elektromagnetische Stellvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zum Verdeutlichen der erfindungsgemäßen Vorteile gegenüber dem Stand der Technik;

Fig. 2: eine Ansicht analog Fig. 1 in perspektivischer Richtung als dreidimensionales Objekt;

Fig. 3: eine Vergrößerung des Übergangsbereiches 28 in Fig. 1 nach dem Stand der Technik mit durch das Auftragsschweißen deformierter Übergangsgeometrie;

Fig. 4: eine Ansicht analog Fig. 3 nach dem Reibschweißen der vorliegenden Erfindung mit undeformierter Konusform (Idealzustand);

Fig. 5: eine Explosionsdarstellung der Fügepartner Kern, Zwischenabschnitt, Joch gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung vor dem Zusammenfügen durch Reibschweißverfahren;

Fig. 6: eine Darstellung analog Fig. 5 einer zweiten Ausführungsform der Erfindung mit anderer Geometrie des Zwischenabschnitts; und

Fig. 7: eine Darstellung der Anordnung der Fig. 5, 6 nach dem Zusammenfügen durch Reibschweißen.

Aufbauend auf der eingangs beschriebenen schematischen Darstellung einer elektromagnetischen Stellvorrichtung gemäß

Fig. 1, Fig. 2 und den Problemen der Deformation einer hier ursprünglich konusförmigen Kern- und Jochgeometrie nach dem Auftragen des Zwischenabschnitts 16 durch Auftragsschweißen verdeutlicht die Fig. 4, unmittelbar analog zur Darstellung der Fig. 3, dass als Ergebnis des Reibschweißverfahrens die kernseitige Konusgeometrie mit Konusabschnitt 32 und flachem Ringabschnitt 34 bzw. die reine Konusform des Jochabschnittes 18 praktisch undeformiert und damit unverändert bleibt, mithin bleiben die ursprünglich bemessenen und durch die Konusform vorbestimmten magnetischen Eigenschaften vollständig erhalten.

Konkret wurde im dargestellten Ausführungsbeispiel der Kern 14 auf eine Drehbewegung zwischen 1500 und 2500 min^{-1} gebracht und ein Ring aus CuAl-Legierung mit entsprechend angepasster, negativer Konusform (Fig. 5) in Richtung des Pfeils 40 mit einem Druck zwischen ca. 50 und 250 N/mm^2 angedrückt. Durch die starke Erwärmung kommt es zur Erwärmung der sich berührenden Flächen. Sobald der nicht-magnetische Werkstoff (die CuAl-Legierung, alternativ sind auch andere Legierungen, wie etwa eine Al-Legierung, denkbar) plastisch ist, wird der drehende Kern gestoppt, und mit einer zusätzlichen Stauchkraft (typischerweise 80 bis 300 N/mm^2) werden beide Teile zusammengedrückt und damit verschweißt.

Nach dem Abkühlen und Ab- bzw. Ausdrehen des durch das Reibschweißen entstehenden Wulstes besteht eine hochfeste, lunker- und porenarme Fügung, mit nahezu unveränderter Konusgeometrie, wie sie sich aus der Fig. 4 ergibt.

Unmittelbar darauf kann, mit demselben Verfahren, etwa das Joch 18 mit dem Verbund aus Kern 14 und Zwischenabschnitt 16 reibverschweißt werden; das Ergebnis zeigt sich in der Fig. 7.

Eine alternative Ausführungsform ist noch anhand der Fig. 6 verdeutlicht, hier weist, bei dickerem Joch-Wanddurchmesser, der als Zwischenelement einzusetzende Ring

in Richtung auf den Kern 14 keine negative Konuskontur auf, im Ergebnis stellt sich jedoch dieselbe konturtreue Fügegeometrie wie in Fig. 4 gezeigt als Ergebnis des Prozesses heraus.

Auch ist nicht ausgeschlossen, dass in Abwandlung der Fig. 5 bis 7, etwa der Zwischenabschnitt 16 und/oder der Jochabschnitt 18 als Vollmaterial (statt als Rohrmaterial, wie in den Fig. gezeigt) durch Reibschweißen verbunden und dann entsprechend ausgedreht werden.

Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsformen, metallurgischen Zusammensetzungen (so würde sich prinzipiell für das Reibschweißverfahren und als Material für den Zwischenabschnitt 16 jegliches nicht-magnetisches, metallisches oder nichtmetallisches -- etwa Kunststoffe oder Keramik -- Material eignen) beschränkt, auch sind andere Aufbauten, Einsatzweisen oder Betriebsparameter denkbar.

PATENTANSPRÜCHE

1. Elektromagnetische Stellvorrichtung mit einem in einem Gehäuse (10) relativ zu einem aus einem Kern- (14) und einem Jochabschnitt (18) gebildeten Magnetgestell (12) entlang einer axialen Richtung bewegbar vorgesehenen Anker (20) und einer zum Erzeugen der Bewegung mit einem elektrischen Strom beaufschlagbaren Spuleneinrichtung (24), wobei das Magnetgestell hohlzylindrisch und den Anker zumindest teilweise umschließend ausgebildet ist und zwischen dem Kernabschnitt und dem Jochabschnitt einen Zwischenabschnitt (16) aus nicht-magnetischem Material aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass eine unlösbare Materialverbindung in mindestens einem der Übergangsbereiche (28) zwischen dem Jochabschnitt und dem Zwischenabschnitt sowie dem Zwischenabschnitt und dem Kernabschnitt mittels eines Reibschweißverfahrens hergestellt ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Jochabschnitt und/oder der Kernabschnitt an einem dem Zwischenabschnitt zugewandten Ende eine Konusform (32) aufweist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Konusform (32) kegelstumpfförmig in einen in einer Ebene senkrecht zur axialen Richtung verlaufenden Flachabschnitt (34) übergeht.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Zwischenabschnitt (16) als ringförmiges und/oder hohlzylindrisches oder vollzylinderförmiges Element ausgebildet ist, das an

einem dem Jochabschnitt und/oder dem Kernabschnitt zugewandten Ende eine dem jeweiligen Ende des Jochabschnitts bzw. des Kernabschnitts angepasste Konusform aufweist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Zwischenabschnitt (16) als ringförmiges und/oder hohlzylindrisches oder vollzylinderförmiges Element ausgebildet ist, das an einem dem Jochabschnitt und/oder dem Kernabschnitt zugewandten Ende eine dem jeweiligen Ende des Jochabschnitts bzw. des Kernabschnitts nicht angepasste Zylinderform aufweist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Jochabschnitt und der Zwischenabschnitt einstückig aus nicht-magnetischem Material gebildet sind.
7. Verfahren zum Herstellen eines einen Kern- (14) und einen Jochabschnitt (18) sowie einen dazwischenliegenden, nicht-magnetischen Zwischenabschnitt (16) aufweisenden rotationssymmetrischen Magnetgestells für eine elektromagnetische Stellvorrichtung, insbesondere die elektromagnetische Stellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, durch das Herstellen jeweils einer unlösbaren Verbindung zwischen dem Kernabschnitt und dem Zwischenabschnitt als Partner eines ersten Übergangs sowie dem Jochabschnitt und dem Zwischenabschnitt als Partner eines zweiten Übergangs, gekennzeichnet durch die Schritte:
 - Versetzen eines der Partner des ersten Übergangs und/oder des zweiten Übergangs in eine Drehbewegung mit vorbestimmter Drehzahl,
 - Anpressen des jeweils anderen der Partner des ersten bzw. des zweiten Übergangs an den drehenden Partner zum Bewirken einer den Zwischenabschnitt im Anpressbereich plastifizierenden Erwärmung;

- Stoppen der Drehbewegung; und
 - Aneinanderpressen der Partner mit einer vorbestimmten Stauchkraft zum Erzeugen eines Verschweißten Übergangs.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Herstellen des ersten Übergangs und des zweiten Übergangs gleichzeitig erfolgt.
9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Herstellen des ersten Übergangs und des zweiten Übergangs sequentiell erfolgt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die vorbestimmte Drehzahl der Drehbewegung auf einen Bereich zwischen 1500 und 2500 min^{-1} eingestellt wird und/oder das Anpressen mit einem Druck zwischen 50 und 250 N/mm^2 erfolgt und/oder die Stauchkraft als Druck auf einen Bereich zwischen 80 und 300 N/mm^2 eingestellt wird.
11. Verwendung der elektromagnetischen Stellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6 zum Stellen eines Hydraulik- oder Pneumatikventils, insbesondere eines Cetop-Ventils.

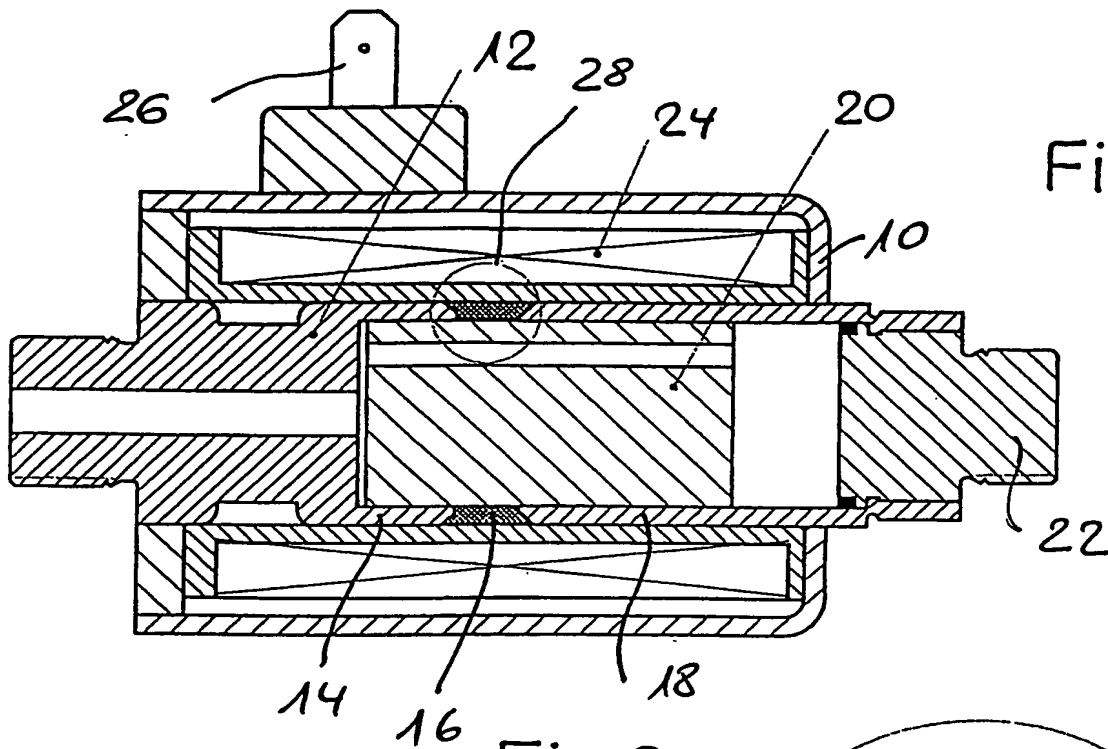


Fig.1

Fig.3

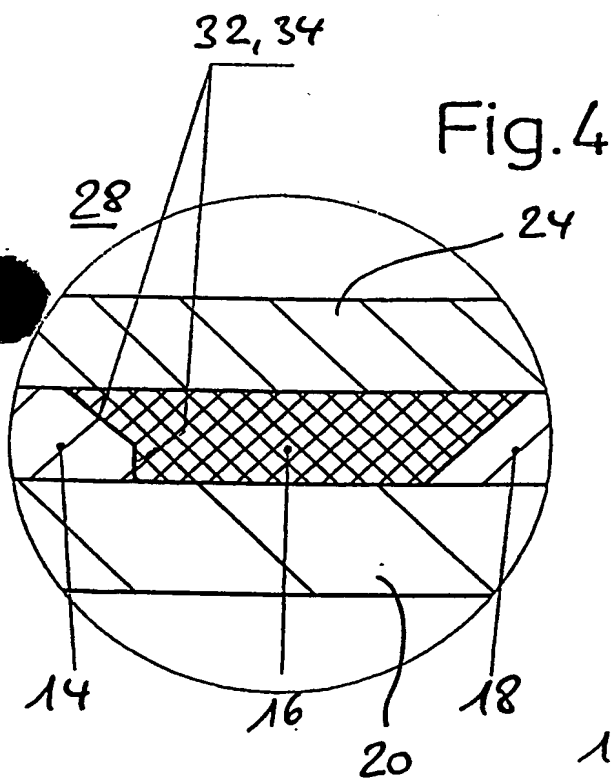
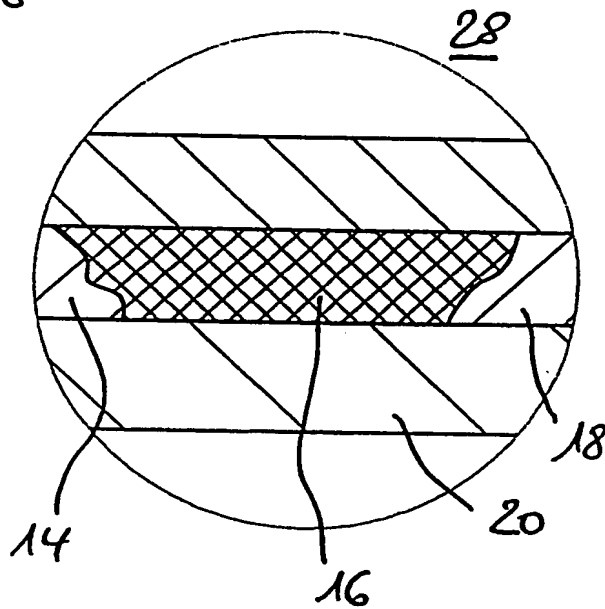


Fig.4

Fig.2

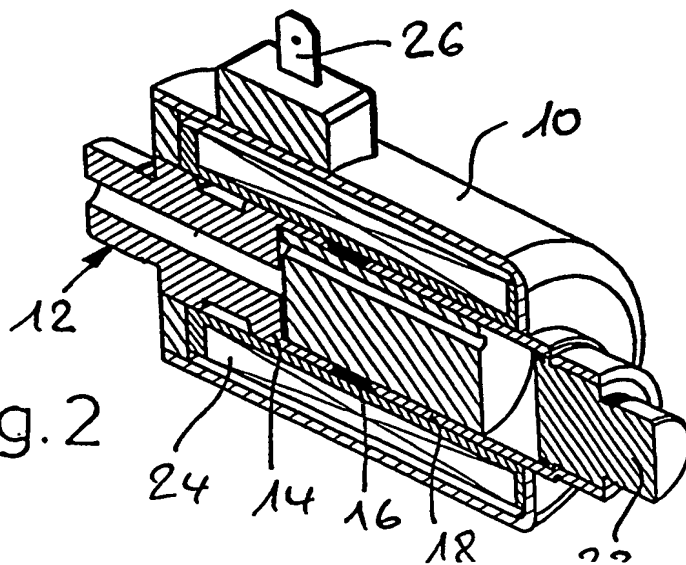


Fig.6

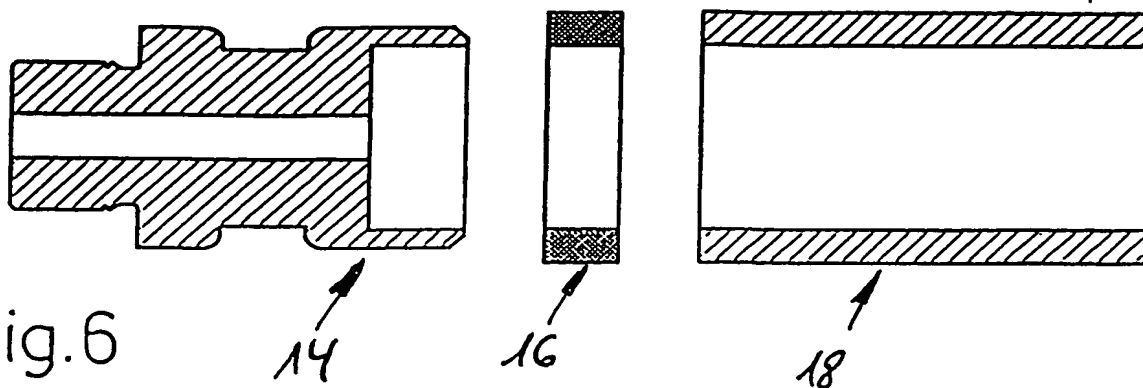


Fig.5

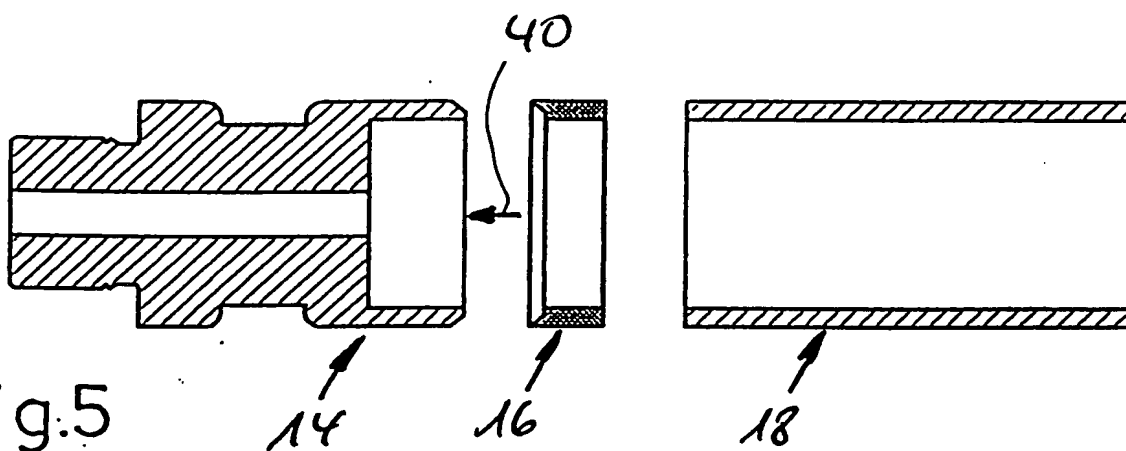


Fig.7

